

SKRIPSI

**ESTIMASI SUMBERDAYA TERUKUR ENDAPAN NIKEL LATERIT
DENGAN METODE POLIGON *EXTENDED AREA*
BERDASARKAN PENGARUH KEMIRINGAN
LERENG TOPOGRAFI**

(STUDI KASUS: BLOK D PT TEKONINDO, *SITE PONGKALAERO*)

Disusun dan diajukan oleh

WINDI

D111171311



DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ESTIMASI SUMBERDAYA TERUKUR ENDAPAN NIKEL LATERIT
DENGAN METODE POLIGON *EXTENDED AREA* BERDASARKAN
PENGARUH KEMIRINGAN LERENG TOPOGRAFI
(STUDI KASUS: BLOK D PT TEKONINDO, *SITE* PONGKALAERO)**

Disusun dan diajukan oleh

**WINDI
D111171311**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 29 November 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Asran Ilyas ST. MT. Ph.D.

NIP.19730314 200012 1001

Pembimbing Pendamping,



Dr. phil. nat. Sri Widodo, ST.MT

NIP.19710101 201012 1001

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Purwanto, ST., MT

NIP.197111282005011002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Windi
NIM : D111171311
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

ESTIMASI SUMBERDAYA TERUKUR ENDAPAN NIKEL LATERIT DENGAN METODE POLIGON *EXTENDED AREA* BERDASARKAN PENGARUH KEMIRINGAN LERENG TOPOGRAFI

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Desember 2021

Yang menyatakan

 Windi

ABSTRAK

Nikel laterit merupakan material yang berasal dari regolith (lapisan yang merupakan hasil pelapukan batuan yang menyelimuti suatu batuan dasar) yang berasal dari batuan beku ultrabasa yang mengandung unsur Ni, Mg, Fe dan Co. Salah satu faktor yang mempengaruhi pengendapan ini yaitu keberadaan kemiringan lereng. Kemiringan lereng diketahui untuk menentukan presentase keberadaan endapan nikel laterit sebagai salah satu perencanaan dan pengembangan eksplorasi dan eksploitasi dalam rangka meningkatkan hasil produksi penambangan. PT Tekonindo merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan nikel di Indonesia yang terletak di Desa Pongkalaero, Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara. Salah satu masalah yang dialami dalam proses penambangan nikel laterit di PT Tekonindo adalah kadar bijih pada endapan nikel laterit yang bervariasi sehingga akan sangat mempengaruhi kualitas bijih yang diproduksi. Salah satu metode estimasi yang dapat diterapkan adalah metode Poligon, Penelitian ini bertujuan untuk estimasi sumberdaya terukur endapan nikel laterit menggunakan metode poligon *extended area* berdasarkan pengaruh kemiringan lereng khususnya pada zona saprolit yang merupakan zona bijih nikel laterit. Berdasarkan hasil estimasi sumberdaya terukur pada zona bijih saprolit di blok D, terdapat 3 kemiringan lereng yang berbeda yaitu kemiringan lereng 0° - 7° , 8° - 14° dan 15° - 27° . Pada kemiringan lereng 0° - 7° didapatkan hasil 70,48 ton, pada kemiringan 8° - 14° didapatkan hasil 68,24 ton dan pada kemiringan 15° - 27° didapatkan hasil 13,88 ton.

Kata kunci: Endapan nikel laterit, Estimasi sumberdaya terukur, poligon *Extended area*, kemiringan lereng, bijih saprolit

ABSTRACT

Nickel laterite is a material derived from regolith (a layer that is the result of weathering of rocks that surrounds a bedrock) derived from ultramafic igneous rocks containing elements of Ni, Mg, Fe and Co. One of the factors that influence this deposition is the presence of the slope. The slope is known to determine the percentage of the presence of laterite nickel deposits as one of the planning and development of exploration and exploitation in order to increase mining production. PT Tekonindo is a company engaged in nickel mining in Indonesia, which is located in Pongkalaero Village, Bombana Regency, Southeast Sulawesi Province. One of the problems experienced in the laterite nickel mining process at PT Tekonindo is the varying ore grades in laterite nickel deposits that will greatly affect the quality of the ore produced. One of the estimation methods that can be applied is the Polygon method. This study aims to estimate the measured resources of laterite nickel deposits using the extended area polygon method based on the influence of slopes, especially in the saprolite zone which is a laterite nickel ore zone. Based on the results of the estimated measured resources in the saprolite ore zone in block D, there are 3 different slopes, namely 0°-7°, 8°-14° and 15°-27° slopes. On a slope of 0°-7° the yield is 70.48 tons, on a slope of 8°-14° the yield is 68.24 tons and on a slope of 15°-27 the yield is 13.88 tons.

Keywords: Laterite nickel deposit, Estimation of measured resources, Extended area polygon, slope, saprolite ore

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Assalamualaikum warahmataullahi wabarakatuh

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan nikmat-Nya kepada kita semua untuk terus menuntut ilmu sebagai bentuk ketaatan kepada sang pemilik ilmu pengetahuan. Shalawat serta salam atas junjungan kita Rasulullah Muhammad SAW, manusia terbaik yang senantiasa ruku' dan sujud kepada Allah SWT dalam rangka menegakkan panji-panji kebenaran di muka bumi ini.

Skripsi dengan judul "Estimasi sumberdaya terukur endapan nikel laterit dengan metode poligon *extended area* berdasarkan pengaruh kemiringan lereng topografi" (Studi kasus: Blok D PT Tekonindo Site Pongkalero) akhirnya dapat diselesaikan dengan baik melalui dinamika yang mendalam dilalui dalam proses penyusunan skripsi ini.

Penyusunan skripsi tidak akan berlangsung tanpa ada bantuan dari orang-orang hebat yang telah memfasilitasi penulis untuk menyusun skripsi ini mulai dari tahap pengolahan data di perusahaan sampai selesai. Olehnya itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak PT Tekonindo, khususnya kepada Bapak Ir. Rahmat Muallim ST selaku Kepala teknik tambang yang senantiasa memberikan ilmu dan arahan, Bapak Muhammad Yasirullah, ST selaku geologis dan pembimbing selama berada di lokasi penelitian yang telah memfasilitasi penulis sehingga dapat melakukan kegiatan Skripsi di divisi eksplorasi, dan semua karyawan PT Tekonindo yang juga memberikan fasilitas kepada penulis pada saat kegiatan tugas akhir di PT Tekonindo.

Terima kasih pula penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Eng. Purwanto, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh dosen dan staf, khususnya kepada Kepala Laboratorium

Eksplorasi Mineral Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, MT. Terima kasih pula penulis sampaikan kepada Bapak Asran Ilyas, ST.,MT.,Ph.D. selaku Pembimbing Utama dan Bapak Dr. Phil.nat.Sri Widodo, ST.,MT. selaku Pembimbing Pendamping yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, pikiran serta memberikan ilmu yang bermanfaat dan motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Terima kasih pula penulis sampaikan kepada Ibu Andi Arumansawang, ST.,M.Sc. dan Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas ST.,MT selaku dosen penguji pada seminar tugas akhir.

Terima kasih yang tiada henti kepada Bapak Deli dan Ibu Sudiana atas segala doa yang telah dipanjatkan, ridho yang senantiasa diberikan serta rasa cinta yang tiada henti diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Terima kasih pula penulis haturkan kepada Adik Wanda dan Adik Wilyam atas segala bantuan, semangat dan doa yang tulus yang diberikan kepada penulis.

Perjalanan panjang penulis dalam dunia perkuliahan hingga penyusunan skripsi tidak lepas dari bantuan, semangat, diskusi yang bermanfaat di Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin Angkatan 2017 (Continuity 2017) dan Naruto, serta kedua sahabat saya yang senantiasa menemani selama masa perkuliahan yaitu Nanda Syafriana Syaifullah dan Hastri Allo, tetap genggam erat tali persaudaraan kawan-kawan, terima kasih saudara-saudaraku. Terima kasih pula penulis sampaikan kepada organisasi tercinta Persatuan Mahasiswa Tambang Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (PERMATA FT-UH), Organisasi Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (OKFT-UH), Mahasiswa Pencinta Alam 09 (MAPALA 09) Taekwondo Teknik (Taekwondo 09) dan teman-teman tercinta pengurus SMFT-UH Periode 2021 dan Teman seteknik 2017 tempat menempa diri, mengembangkan *softskill*, tetap dalam koridor pergerakan keilmuan dan kebenaran yang memberikan manfaat kepada seluruh anggotanya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, penulis menyampaikan permohonan maaf atas semua kekurangan yang dijumpai dalam proses penyusunan skripsi ini.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Gowa, Desember 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK.....	ivi
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Tahapan Penelitian	4
1.6 Lokasi Penelitian.....	5
BAB II ESTIMASI SUMBERDAYA TERUKUR ENDAPAN NIKEL LATERIT	8
2.1 Pembentukan Nikel Laterit.....	8
2.2 Endapan Nikel Laterit.....	12
2.3 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit.....	14
2.4 Estimasi Sumberdaya Endapan Nikel Laterit	18

2.5	Metode Estimasi Sumberdaya	22
BAB III METODE PENELITIAN.....		25
3.1	Sumber Data.....	25
3.2	Pengolahan Data	26
3.3	Bagan Alir Penelitian	33
BAB IV ESTIMASI SUMBERDAYA TERUKUR ENDAPAN NIKEL LATERIT		34
4.1.	Perhitungan Tonase Sumberdaya	34
4.2.	Menghitung Kadar Rata-Rata Komposit Ni pada Zona Bijih (zona saprolit) ..	35
4.3.	Hasil Perhitungan Sumberdaya	37
BAB V KESIMPULAN.....		38
5.1.	Kesimpulan	38
DAFTAR PUSTAKA		40
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta Lokasi IUP PT Tekonindo	6
2.1 Pembentukan Endapan Nikel Laterit (Freyssnet et al, 2005)	9
2.2 Profil Endapan Nikel Laterit (Ahmad, 2005)	13
2.3 Profil Nikel Tipe <i>Hydrous Silicate</i> (Freyssnet et al, 2005)	15
2.4 Profil Nikel Tipe <i>Clay Silicate</i> (Freyssnet et al, 2005)	16
2.5 Profil Nikel Tipe <i>Oxide Deposits</i> (Freyssnet et al, 2005).....	16
2.6 Hubungan umum antara hasil eksplorasi, sumberdaya mineral dan cadangan mineral (KCFI, 2017)	21
2.7 Metode Estimasi Sumberdaya (Hartman, 1992)	23
3.1 Memasukkan Data Shp.	27
3.2 Data kontur.....	27
3.3 Bentuk Peta Topografi.....	28
3.4 Tampilan Kelas-Kelas Kemiringan	28
3.5 Peta Kemiringan Lereng Topografi.....	29
3.6 Pembagian Kelas-Kelas Kemiringan	29
3.7 Peta Kelas Kemiringan.....	30
3.8 Pembagian Blok-blok Titik Bor pada Peta Topografi	30
3.10 Bagan alir Penelitian.....	33
4.1 Bijih Saprolit.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Parameter Perbedaan Endapan Nikel Laterit (Freyssnet et al, 2005).....	17
3.1 Data <i>Collar</i>	25
4.1 Hasil Perhitungan Sumberdaya Terukur	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
LAMPIRAN A Peta Sebaran Titik Bor	44
LAMPIRAN B Peta Kemiringan Lereng Topografi	46
LAMPIRAN C Data <i>Collar</i>	48
LAMPIRAN D Data <i>Assay</i>	52
LAMPIRAN E Data <i>Survey</i>	54
LAMPIRAN F Data <i>Lithology</i>	58
LAMPIRAN G Perhitungan Tonase Sumberdaya.....	60
LAMPIRAN H Perhitungan Rata-rata Komposit	63
LAMPIRAN I Hasil Perhitungan Sumberdaya Terukur	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara penghasil nikel terbesar kedua dunia setelah Rusia yang memberikan sumbangan sekitar 15% dari jumlah produksi nikel dunia pada tahun 2010 (Fitiran, dkk, 2011). Istilah Laterit sendiri diambil dari bahasa Latin "later" yang berarti batubata merah, yang dikemukakan oleh Buchanan Hamilton (1807). Endapan nikel laterit terbentuk dari hasil pelapukan dari batuan induk dari jenis ultrabasa (Ningsih, 2012) Menurut Santos-Ynigo and Esguerra (1961), kandungan nikel laterit yang paling tinggi banyak ditemukan pada batuan dunit, peridotit dan serpentinit, sedangkan kandungan nikel laterit yang rendah banyak terdapat pada batuan *pyroxenite* dan konglomerat.

Saat ini industri pertambangan dihadapkan pada suatu problematika dimana cadangan tambangnya semakin menipis bahkan habis dan mengakibatkan perusahaan harus menghentikan kegiatan penambangan pada suatu daerah. Sumber daya mineral yang memiliki sifat khusus yaitu *non renewable resources* yang artinya apabila bahan galian tersebut tidak akan terbaharui kembali atau dengan kata lain industri pertambangan adalah industri besar tanpa daur (Mustajam, 2012).

Berdasarkan karakteristik geologi dan tatanan tektoniknya, terbentuk beberapa lokasi endapan nikel laterit yang potensial untuk ditambang, terutama di daerah Indonesia bagian timur. Endapan nikel laterit merupakan produk residual pelapukan kimia pada batuan *ultramafic*. Nikel laterit umumnya terdapat pada daerah dengan iklim tropis, dikarenakan iklim yang mendukung terjadinya pelapukan, selain topografi, drainase, tenaga tektonik, batuan induk dan struktur geologi (Elias, 2002).

Salah satu faktor yang mempengaruhi pengendapan ini yaitu keberadaan kemiringan lereng. Menurut Syafrizal, 2009 bahwa semakin tinggi derajat kemiringan lereng maka semakin kecil distribusi endapan nikel laterit dalam proses pengendapannya, sebaliknya semakin rendah derajat kemiringan lereng maka semakin tinggi derajat presentase distribusi endapan nikel laterit. Kemiringan lereng sangat penting untuk diketahui untuk menentukan presentase keberadaan endapan nikel laterit sebagai salah satu perencanaan dan pengembangan eksplorasi dan eksploitasi dalam rangka meningkatkan hasil produksi penambangan.

Dalam penambangan nikel laterit, diperlukan estimasi untuk dapat menghitung sumberdaya sebelum proses penambangan berlangsung. Estimasi sumberdaya berperan penting dalam menentukan kuantitas dan kualitas dari suatu endapan sebab dari hasil estimasi yang baik dan akurat yang sesuai dengan keberadaannya di lapangan dapat menentukan investasi yang akan ditanam oleh investor sebagai penanaman modal dalam usaha penambangan. Salah satu metode estimasi yang dapat diterapkan adalah metode Poligon.

Salah satu daerah di pulau Kabaena yang memiliki potensi sumberdaya alam berupa endapan nikel laterit yaitu pada daerah Pongkalaero, yang merupakan hasil penyelidikan umum yang dilakukan oleh PT Tekonindo. Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis sangat tertarik untuk mempelajari estimasi sumberdaya terukur endapan nikel laterit di lokasi penambangan PT Tekonindo khususnya pada zona saprolit yang merupakan zona bijih nikel laterit, sehingga penelitian ini dilaksanakan dengan mengangkat judul "Estimasi sumberdaya terukur endapan nikel laterit dengan metode *extended area* berdasarkan pengaruh kemiringan lereng topografi".

1.2 Rumusan Masalah

Estimasi sumberdaya merupakan hal yang sangat vital dilakukan sebelum dilakukannya aktivitas penambangan, karena dari hasil estimasi inilah yang akan di evaluasi untuk menentukan ke proses selanjutnya yaitu perhitungan cadangan. Berdasarkan hasil tersebut maka dilakukanlah penelitian estimasi sumberdaya terukur nikel laterit menggunakan metode poligon *extended area* pada zona bijih saprolit sehingga dapat diketahui tonase sumberdaya terukur nikel laterit dengan mempertimbangan pengaruh kemiringan lereng topografi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui tonase sumberdaya terukur endapan nikel laterit dengan metode poligon *extended area* pada zona bijih saprolit berdasarkan pengaruh kemiringan lereng topografi pada PT Tekonindo.
2. Mengetahui keuntungan menggunakan metode poligon dalam proses pengolahan data sehingga dapat menguntungkan dalam penelitian ke depannya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Bagi perusahaan

Sebagai bahan pertimbangan kepada perusahaan dalam memilih metode yang digunakan dalam mengestimasi sumberdaya terukur pada PT Tekonindo.

2. Bagi kalangan akademik

Bahan pembelajaran/referensi dalam menambah wawasan mengenai metode estimasi sumberdaya terukur endapan nikel laterit dengan menggunakan metode poligon *extended area*.

1.5 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Tahap studi literatur

Studi literatur merupakan kegiatan yang meliputi pengumpulan dan pengkajian berbagai teori dan referensi mengenai topik penelitian yang dapat mendukung jalannya penelitian. Kajian ini ditinjau melalui buku, jurnal penelitian, atrikel ataupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan topik penelitian.

2. Tahap perumusan masalah

Perumusan masalah dilakukan untuk menentukan masalah yang diteliti dan menjadi batasan dalam melakukan penelitian.

3. Tahap orientasi lapangan dan pengambilan data

Orientasi lapangan dilakukan di daerah PT Tekonindo. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil beberapa data seperti *assay, collar, survey* dan geologi. Data ini merupakan data sekunder.

4. Tahap pengolahan data

Data yang telah diperoleh dari hasil pengambilan data kemudian dianalisis untuk mengestimasi sumberdaya mineral daerah penelitian. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *Microsoft excel* dan ArcGIS 10.3

5. Tahap penyusunan laporan tugas akhir

Penyusunan laporan tugas akhir merupakan kegiatan pengumpulan keseluruhan data yang didapatkan dan disusun dalam bentuk laporan akhir.

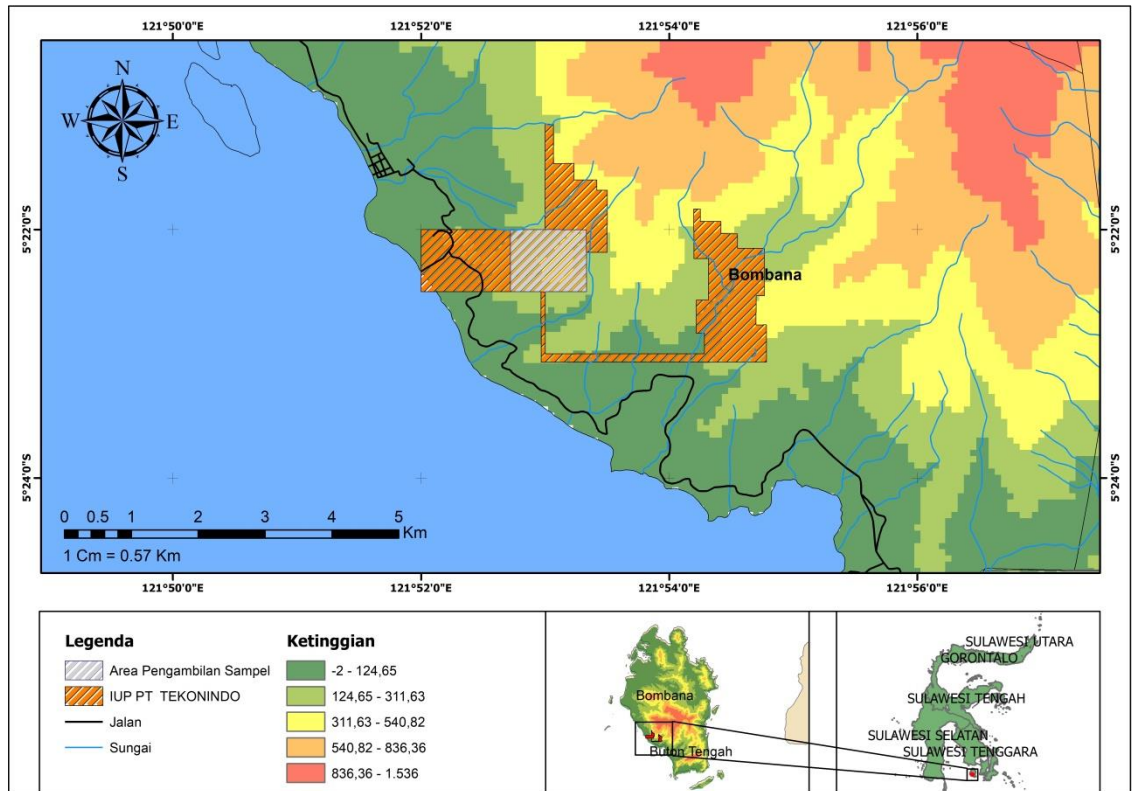
6. Tahap seminar dan penyerahan laporan tugas akhir

Laporan hasil penelitian akan dipresentasikan dalam seminar hasil. Koreksi dan saran pada saat seminar akan digunakan untuk merevisi kembali laporan yang telah diseminarkan.

1.6 Lokasi Penelitian

PT Tekonindo secara administrasi berada di Desa Pongkalaero, Kecamatan Kabaena Selatan, Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara. Perjalanan dari Kota Makassar menuju daerah ini dapat ditempuh melalui jalur laut menuju Kota Bau-Bau dengan waktu tempuh ± 12 jam. Dari Kota Bau-Bau menuju kabupaten Buton tengah menggunakan jalur laut yang ditempuh ± 10 menit. Dari Buton tengah melakukan perjalanan laut menuju ke Dongkala Kecamatan Kabaena timur yang ditempuh ± 2 jam. Dan dari Dongkala menggunakan jalur transportasi menuju kantor PT Tekonindo sekitar ± 6 jam dan memiliki medan yang cukup berat.

Daerah penyelidikan terletak di Kecamatan kabaena selatan Kepulauan yang memiliki luas $62,42 \text{ km}^2$ atau $1,21 \%$ dari luas wilayah Kabupaten kabaena selatan (Gambar 1.1).



Gambar 1.1 Peta tunjuk lokasi penelitian pada PT Tekonindo.

Daerah Pongkalaero secara administrasi termasuk dalam Desa Pongkalaero, Kecamatan Kabaena, Kabupaten Bombana. Morfologi daerah Pongkalaero berdasarkan ciri fisik dan hasil pengamatan lapangan terdiri dari 3 (tiga) satuan morfologi yaitu satuan morfologi perbukitan terjal, perbukitan sedang dan pedataran.

Batuan yang terdapat di daerah ini terdiri dari ultrabasa yang umumnya terdiri dari harzburgit, serpentinit. Secara megaskopis terlihat berwarna abu-abu kehijauan, berbutir sedang sampai kasar, terdiri dari mineral piroksen dan olivin. Di bawah mikroskop batuan harzburgit ini memperlihatkan tekstur holokristalin, berbutir halus hingga berukuran 4mm, berbentuk anedral umumnya retak-retak, mineral penyusunnya: *olivine* 67%, piroksen (30%) dan mineral opak (3%). Harzburgit ini terdapat pada seluruh daerah perbukitan yang berada di daerah ini, diperkirakan berumur Kapur Awal (Simanjuntak, 1994) dan merupakan batuan yang tertua dan merupakan alas di Mendala Sulawesi Timur.

Pada daerah ini terdapat sebaran batu apungan (*boulder*) khromit, terlihat *boulder* khromit dengan diameter 10 cm hingga 100 cm berwarna hitam pejal berbentuk menyudut, kadang-kadang dijumpai *boulder* fragmen khromit yang terselimuti oleh kuarsa. Dari pengamatan di lapangan batuan ini dipengaruhi oleh struktur patahan geser manganan (*dextral*). Batuan lainnya yang terdapat di daerah Pongkalaero berupa endapan aluvial rawa dan sungai yang terdiri dari kerakal, kerikil, pasir dan lumpur. Batuan ini menempati daerah bagian selatan, tenggara dan barat bagian selatan daerah Pongkalaero dan menempati daerah pedataran serta pantai, diperkirakan berumur Holosen (Simanjuntak, 1994).

Struktur yang ditemukan di daerah Pongkalaero berupa kekar-kekar dan patahan mendatar manganan (*dextral*) yang berarah baratdaya–timurlaut tersingkap di S. Uwauwo. Secara umum sesar yang berkembang di daerah uji petik Pongkalaero mempunyai arah timurlaut–baratdaya dan utara – selatan. Musim Kemarau terjadi antara bulan Mei dan Oktober, dimana angin timur yang bertiup dari Australia tidak banyak mengandung uap air, sehingga mengakibatkan musim kemarau. Sebaliknya musim hujan terjadi antara bulan november dan maret, dimana angin barat yang bertiup dari benua Asia dan samudera Pasifik banyak mengandung uap air sehingga terjadi musim hujan. Khusus pada bulan april arah angin tidak menentu, demikian pula curah hujan sehingga pada bulan ini dikenal sebagai musim pancaroba. Penelitian ini dilakukan di IUP PT Tekonindo tepatnya berada pada blok D dengan luas 17 Ha yang pada saat ini masih aktif dalam proses penambangan dengan menggunakan metode *open cast mining*, blok ini merupakan blok dengan cadangan tertinggi yang ada di IUP PT Tekonindo.

BAB II

ESTIMASI SUMBERDAYA TERUKUR ENDAPAN NIKEL

LATERIT

2.1 Pembentukan Nikel Laterit

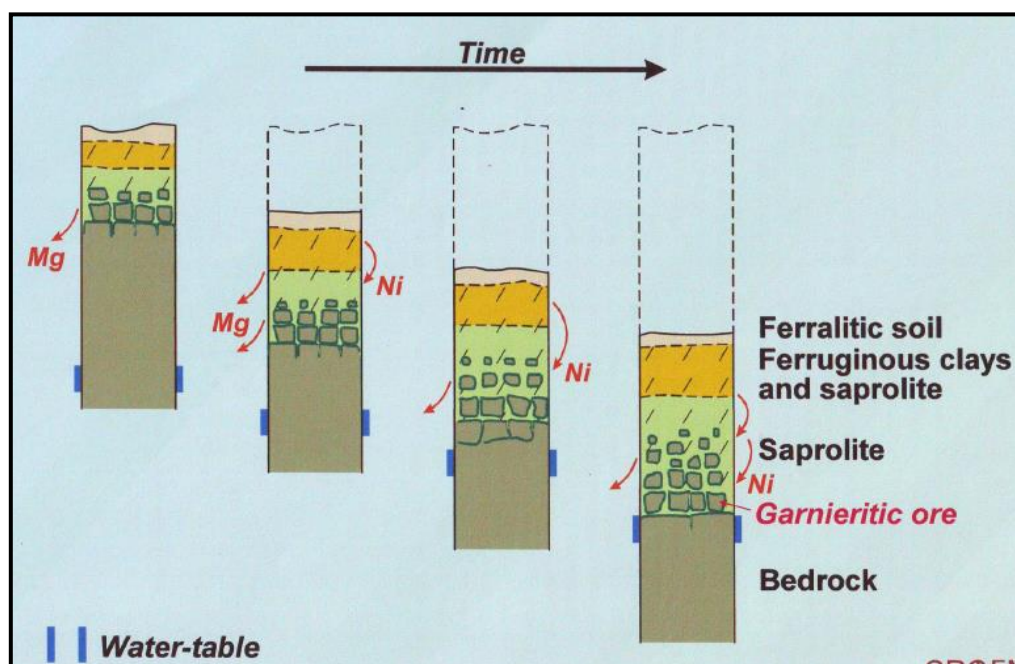
Proses konsentrasi nikel pada endapan nikel laterit dimulai dari air permukaan yang mengandung CO₂ dari atmosfer dan terkayakan kembali oleh material-material organis di permukaan meresap ke bawah permukaan tanah sampai pada zona pelindihan, di mana fluktuasi air tanah berlangsung. Akibat fluktuasi ini, air tanah yang kaya akan CO₂ kontak dengan zona saprolit yang masih mengandung batuan asal dan melarutkan mineral-mineral yang tidak stabil seperti olivin, serpentin dan piroksin. Mg, Si dan Ni akan larut dan terbawa sesuai dengan aliran air tanah dan akan memberikan mineral-mineral baru pada proses pengendapan kembali (Hasanuddin, 1992).

Boldt (1967), menyatakan bahwa proses pelapukan dimulai pada batuan ultrabasa (peridotit, dunit, serpentin), di mana pada batuan ini banyak mengandung mineral olivin, magnesium silikat, dan besi silikat yang pada umumnya banyak mengandung 0,30 % nikel. Batuan tersebut sangat mudah dipengaruhi oleh pelapukan lateritik. Air tanah yang kaya akan CO₂ berasal dari udara luar dan tumbuh-tumbuhan akan menghancurkan olivin. Terjadi penguraian olivin, magnesium, besi, nikel dan silika ke dalam larutan, cenderung untuk membentuk suspensi koloid dari partikel-partikel silika yang submikroskopis. Di dalam larutan besi akan bersenyawa dengan oksida dan mengendap sebagai ferri hidroksida. Akhirnya endapan ini akan menghilangkan air dengan membentuk mineral-mineral karat, yaitu hematit dan

kobalt dalam jumlah kecil, jadi besi oksida mengendap dekat dengan permukaan tanah.

Proses laterisasi adalah proses pencucian pada mineral yang mudah larut dan silika pada profil laterit pada lingkungan yang bersifat asam dan lembab serta membentuk konsentrasi endapan hasil pengkayaan proses laterisasi pada unsur Fe, Cr, Al, Ni dan Co (Rose et al., 1979, dalam Nushantara, 2002).

Proses pelapukan dan pencucian yang terjadi akan menyebabkan unsur Fe, Cr, Al, Ni dan Co terkayakan di zona limonit dan terikat sebagai mineral-mineral oksida atau hidroksida, seperti limonit, hematit, dan goetit (Hasanudin, 1992). Umumnya endapan nikel terbentuk pada batuan ultrabasa dengan kandungan Fe di olivin yang tinggi dan nikel berkadar antara 0,2% - 0,4%. Berikut merupakan gambar proses pembentukan nikel laterit yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Proses Pembentukan Endapan Nikel Laterit (Freysnet et al, 2005).

Pembentukan bijih nikel laterit dipengaruhi oleh beberapa faktor. Adapun faktor-faktor yang memengaruhi pembentukan nikel laterit (Ahmad, 2005) adalah:

1. Batuan Asal

Adanya batuan asal merupakan syarat utama terbentuknya endapan nikel laterit. Batuan asal dari nikel laterit adalah batuan ultrabasa. Dalam hal ini pada batuan ultrabasa terdapat unsur nikel (Ni) yang paling banyak di antara batuan lainnya. Batuan ultrabasa mempunyai komponen-komponen yang mudah larut dan memberikan lingkungan pengendapan yang baik untuk nikel serta mempunyai mineral-mineral yang paling mudah lapuk atau tidak stabil, seperti olivin dan piroksin.

2. Iklim

Pergantian musim kemarau dan musim penghujan menyebabkan terjadinya kenaikan dan penurunan permukaan air tanah sehingga terjadi proses pemisahan dan akumulasi unsur-unsur. Perbedaan temperatur yang cukup besar membantu terjadinya pelapukan mekanis, di mana terjadi rekahan-rekahan dalam batuan yang akan mempermudah proses atau reaksi kimia pada batuan.

3. Reagen-Reagen Kimia

Reagen-reagen kimia adalah unsur-unsur dan senyawa-senyawa yang membantu dalam mempercepat proses pelapukan. Air tanah yang mengandung CO_2 memegang peranan penting di dalam proses pelapukan kimia. Asam-asam pada humus menyebabkan dekomposisi batuan dan dapat mengubah pH larutan. Asam-asam pada humus berkaitan erat dengan vegetasi yang ada di daerah tersebut. Vegetasi akan mengakibatkan penetrasi air dapat lebih dalam dan lebih mudah mengalir.

4. Topografi

Keadaan topografi setempat akan sangat memengaruhi sirkulasi air beserta reagen-reagen lain. Untuk daerah yang landai, maka air akan bergerak perlahan-lahan sehingga akan mempunyai kesempatan untuk mengadakan penetrasi lebih

dalam melalui rekahan-rekahan atau pori-pori batuan. Akumulasi endapan umumnya terdapat pada daerah-daerah yang landai sampai kemiringan sedang, hal ini menerangkan bahwa ketebalan pelapukan mengikuti bentuk topografi. Pada daerah yang curam, secara teoritis, jumlah air yang meluncur (*run off*) lebih banyak daripada air yang meresap sehingga dapat menyebabkan pelapukan kurang intensif.

5. Waktu

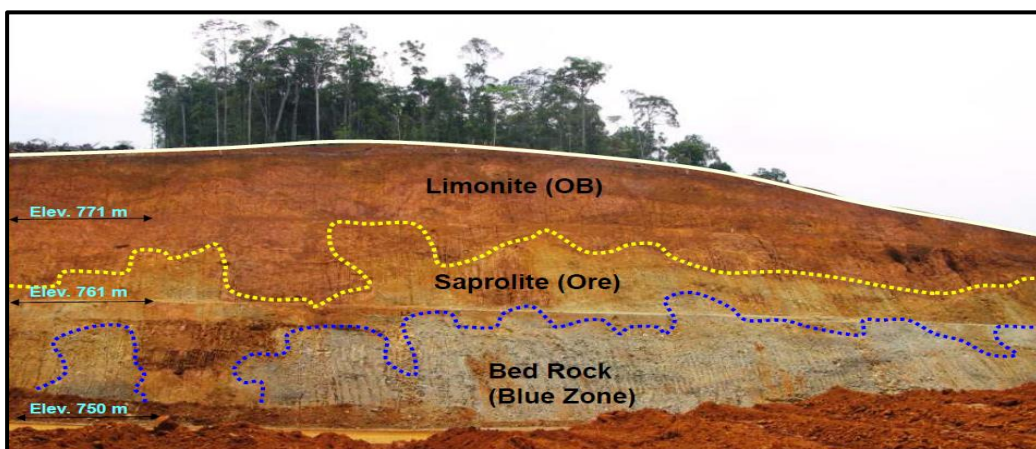
Waktu merupakan faktor yang sangat penting dalam proses pelapukan, transportasi, dan konsentrasi endapan pada suatu tempat. Untuk terbentuknya endapan nikel laterit membutuhkan waktu yang lama, mungkin ribuan atau jutaan tahun. Bila waktu pelapukan terlalu muda maka terbentuk endapan yang tipis. Waktu yang cukup lama akan mengakibatkan pelapukan yang cukup intensif karena akumulasi unsur nikel cukup tinggi. Banyak dari faktor tersebut yang saling berhubungan dan karakteristik profil di satu tempat dapat digambarkan sebagai efek gabungan dari semua faktor terpisah yang terjadi melewati waktu, ketimbang didominasi oleh satu faktor saja.

6. Struktur

Struktur geologi yang penting dalam pembentukan endapan laterit adalah rekahan (*joint*) dan patahan (*fault*). Adanya rekahan dan patahan ini akan mempermudah rembesan air ke dalam tanah dan mempercepat proses pelapukan terhadap batuan induk. Selain itu rekahan dan patahan dapat pula berfungsi sebagai tempat pengendapan larutan-larutan yang mengandung nikel (Ni) sebagai *vein-vein*. Seperti diketahui bahwa jenis batuan beku mempunyai porositas dan permeabilitas yang kecil sekali sehingga penetrasi air sangat sulit, maka dengan adanya rekahan-rekahan tersebut akan memudahkan masuknya air dan proses pelapukan yang terjadi akan lebih intensif.

2.2 Endapan Nikel Laterit

Endapan Nikel Laterit merupakan hasil pelapukan lanjut dari batuan ultrabasa pembawa Ni-Silikat. Umumnya terdapat pada daerah dengan iklim tropis sampai dengan subtropis. Pengaruh iklim tropis di Indonesia mengakibatkan proses pelapukan yang intensif, sehingga beberapa daerah di Indonesia bagian timur memiliki endapan nikel laterit. Menurut Vinogradov, batuan ultrabasa rata-rata mempunyai kandungan nikel sebesar 0,2 %. Unsur nikel tersebut terdapat dalam kisi-kisi kristal mineral olivin dan piroksin, sebagai hasil substitusi terhadap atom Fe dan Mg. Proses terjadinya substitusi antara Ni, Fe dan Mg dapat diterangkan karena radius ion dan muatan ion yang hampir bersamaan di antara unsur-unsur tersebut. Proses serpentinisasi yang terjadi pada batuan peridotit akibat pengaruh larutan *hydrothermal*, akan mengubah batuan peridotit menjadi batuan serpentinite atau batuan serpentinite peridotit. Sedangkan proses kimia dan fisika dari udara, air serta pergantian panas dingin yang bekerja kontinu, menyebabkan disintegrasi dan dekomposisi pada batuan induk (Ahmad, 2005). Berikut susunan stratigrafi yang terdapat dalam endapan nikel laterit dan dideskripsikan dari bawah ke atas yang merupakan urutan aktual dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Profil Endapan Laterit (Ahmad, 2005)

A. *Bedrock*

Terletak di bagian paling bawah dari profil laterit, zona batuan dasar menandai batuan ultrabasa asli yang belum terpengaruh oleh proses pelapukan tropis. Komposisi kimia dari batuan ini adalah komposisi asli batuan asal (*protolith*). Lipatan dan rekahan masih dalam kondisi baru dan belum membuka secara signifikan karena tekanan hidrostatik dari material atasnya. Serta, air tanah meresap telah kehilangan hampir semua keasamannya pada saat mencapai zona batuan dasar dan dengan demikian tidak mampu masuk ke komponen mineral ke tingkat yang signifikan.

B. Zona saprolit

Terletak di atas batuan dasar, zona saprolit terdiri dari batu-batu yang sebagian telah benar-benar terurai di bawah pengaruh pelapukan tropis. Proses pelapukan mulai sepanjang permukaan lipatan dan rekah mengakibatkan pembentukan bongkah atau *boluder* dalam zona saprolit. Dalam batuan dasar yang relatif sangat terserpentinisasi, batas zona saprolit tidak terbatas hanya untuk rekahan dan lipatan saja, tetapi secara aktif berlanjut ke seluruh massa batuan yang memungkinkan terjadinya akses air tanah.

Dalam zona saprolit, pelapukan batu-batu semakin meningkat ke arah atas. Magnesia larut, silika dan alkali terpindahkan dengan cepat meninggalkan konsentrasi sisa seskuioksida besi, alumina, krom dan mangan. Nikel di zona saprolit sebagian tersisa tapi kebanyakan dari pengayaan sekunder. Air tanah yang asam melarutkan nikel di bagian atas profil laterit dan menyimpannya di zona saprolit di mana peningkatan mendadak dalam alkalinitas air (karena kerusakan olivin dan pelepasan magnesium) membuat nikel terlarut. Zona saprolit juga menjadi tempat untuk urat *garnierite* dan deposisi silika bebas sebagai urat atau *boxwork*. Bagian bawah dari zona saprolit secara bertahap menjadi kekurangan pengayaan nikel sekunder dan bukan bagian dari badan bijih.

C. Zona limonit

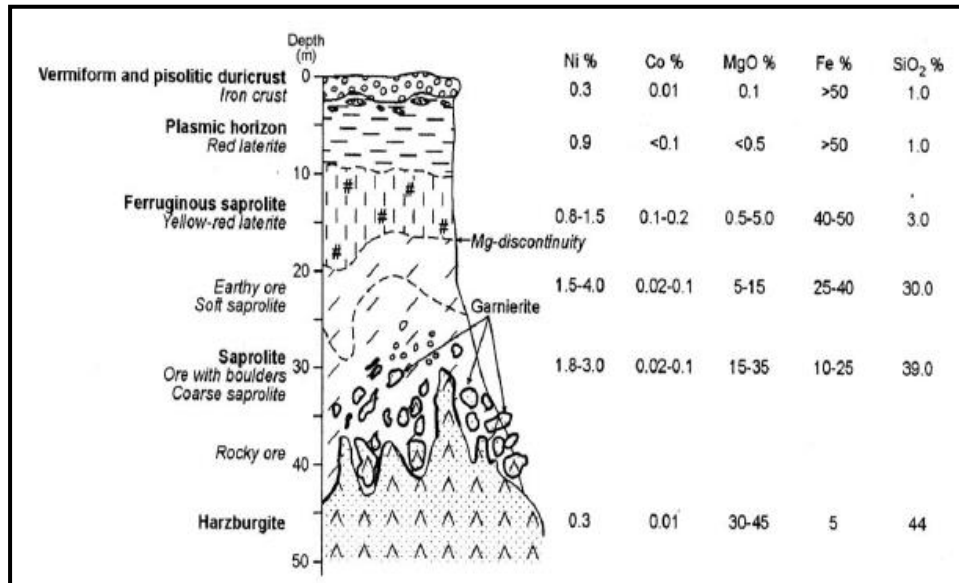
Terletak di atas profil laterit, zona limonit merupakan produk akhir dari pelapukan tropis batuan ultrabasa dan konsentrasi residu unsur *non-mobile*. Pencucian lengkap dari komponen larut telah meninggalkan materi yang lemah dan menyebabkan hilangnya mineral utamanya. Zona limonit terbagi beberapa tingkat, Bagian paling atas dari zona terkena efek oksidasi dari udara dan membawa beberapa hematit, terutama di medan *flattish* dimana kondisi rawa juga menyebabkan solusi dan pengendapan kembali besi sebagai *iron cap*. *Iron cap* merupakan bahan konstruksi jalan yang sangat baik karena kadar air yang lebih rendah. Di bawah zona hematit, besi sebagian besar dalam bentuk goetit dan limonit, baik hidroksida besi dengan jumlah yang signifikan. Sementara seskuioksida besi, aluminium dan krom lebih atau kurang merata dalam zona limonit, mangan dan kobalt dilarutkan dan diendapkan ke bagian bawah zona limonit.

2.3 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit

Secara mineralogi Nikel Laterit dapat dibagi dalam tiga kategori yaitu (Brand et al, 1998):

2.3.1 *Hydrous silicate deposits*

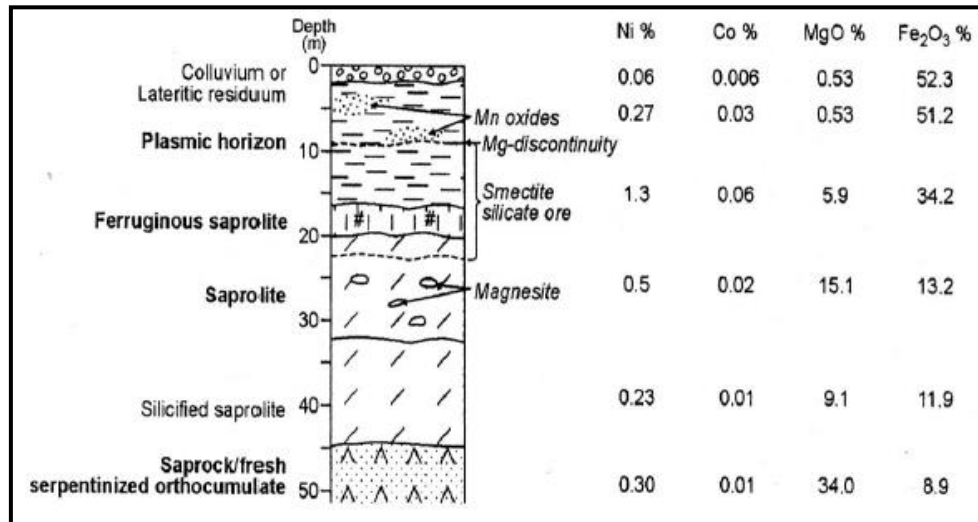
Pada endapan tipe *Hydrous Silicate* bagian bawah zona saprolit (horizon bijih) didominasi oleh mineral-mineral *hydrous* Mg-Ni silikat (Gambar 2.3) setempat pada zona saprolit, urat-urat halus atau *box-work* dapat terbentuk. Rekahan dan batas-batas antar butir dapat terisi oleh mineral silikat dan mineral yang kaya dengan nikel. Sebagai contoh garnerit dapat memiliki kandungan nikel sampai dengan 40%.



Gambar 2.3. Profil Nikel Tipe *Hydrous Silicate* (Freysnet et al, 2005).

2.3.2 Clay silicate deposits

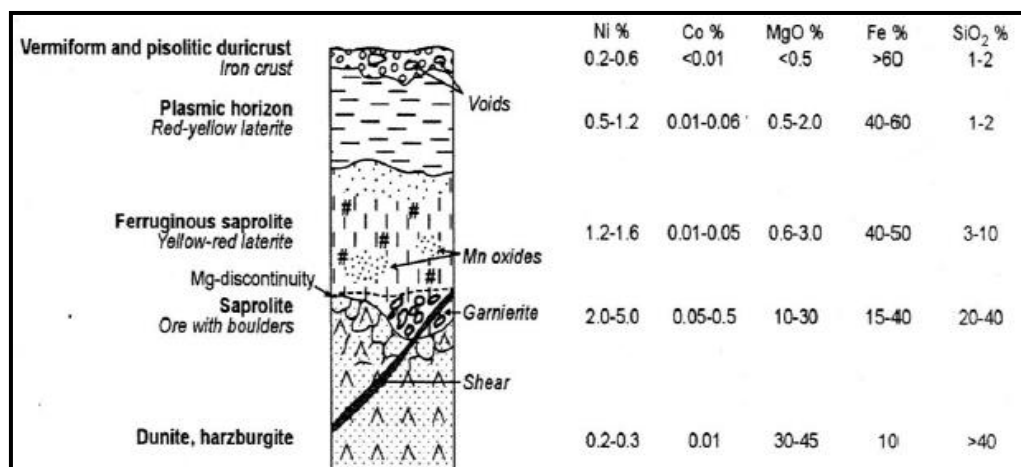
Silika (Si) dari profil laterit, hanya sebagian yang terlindungi oleh air tanah. Silika yang tersisa bersama-sama dengan Fe, Ni, dan Al membentuk mineral lempung seperti *Ni-rich nontronite* pada bagian tengah sampai dengan bagian atas zona saproli. Serpentin yang kaya dengan nikel juga bisa digantikan (teraltrasi) oleh smektit pada bagian yang kontak dengan air tanah sehingga larutan-larutan yang terbentuk menjadi jenuh dengan mineral-mineral lempung ini (gambar 2.4). Secara umum, kadar nikel rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah dibandingkan dengan tipe *Hydrous Silicate*.



Gambar 2.4. Profil Nikel Tipe *Clay Silicate* (Freyssnet et al, 2005).

2.3.3 Oxide deposits

Oxide deposit dikenal juga dengan nama endapan limonit, dimana nikel berasosiasi dengan *Fe-oxihydroxide*, dengan mineral utama geotit. Kadang-kadang juga kaya dengan oksida Mn yang kaya dengan Co (gambar 2.5) Kadar Ni rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah 1.0-1.6%, sehingga memiliki nilai ekonomis yang kurang baik. Pada endapan tipe *oxide deposit* posisi muka air tanah awal relatif dangkal dan drainasenya tidak terhambat (infiltrasi air lancar) sehingga Ni lebih banyak terakumulasi pada zona limonit sampai saprolit bagian atas.



Gambar 2.5. Profil Nikel Tipe *Oxide Deposits* (Freyssnet et al, 2005).

Perbedaan endapan nikel laterit memiliki beberapa parameter yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Parameter Perbedaan Endapan Nikel Laterit (Freysnet et al, 2005).

Parameter	<i>Hydrous Silicate</i> Deposit	<i>Clay Silicate</i> Deposit	Oxide Deposit
Kadar Ni	Kandungan Ni 1.8-2.5 %	Kandungan Ni 1.0-1.5% Si bersama dengan	Kandungan Ni 1.0-1.6%
Mineral	Terdapat Silika <i>box-work</i>	Fe, Ni, dan Al membentuk mineral lempung	Mineral utamanya <i>Geothite</i>
Posisi Muka air tanah	Posisi muka air tanah relatif dalam	Posisi muka air tanah awal relatif lebih rendah dan drainase terhambat.	Posisi muka air tanah relatif dangkal Drainasinya tidak terhambat
Akumulasi Ni	Nikel lebih banyak terakumulasi pada zona saprolit bagian bawah	Lapisan limonit lebih sering terendam air sehingga terbentuk lapisan lempung	Ni lebih banyak terakumulasi pada zona limonit sampai saprolit bagian atas.

Endapan Ni silika, didominasi oleh *hydrated Mg-Ni silicates* (seperti *garnierite*), biasanya terdapat di lapisan saprolit (Golightly, 1981; Gleeson, *et al.*, 2003). Endapan *silicate Ni*, didominasi oleh lempung smektit (seperti nontronit), biasanya terdapat di bagian atas saprolit atau pedolit (Golightly, 1981; Gleeson, *et al.*, 2003). Endapan Murrin (Australia Barat) memiliki sumberdaya Ni sebesar 334 Mt dan cadangan 145 Mt,

kadar Ni rata-rata 1,07% pada zona lempung (Elias, 2006; Marsh & Anderson, 2011). Endapan Ni laterit tipe *clay* yang berada di Murrin Murrin terdiri atas lima zona yaitu: *unweathered country rock* pada bagian dasar, saprolit, smektit, limonit (lebih dikenal dengan istilah *ferruginous zone*), dan *colluvium* pada bagian atas (Wells & Butt, 2006; Marsh & Anderson, 2011).

Endapan oksida, didominasi oleh *Fe oxyhydroxides* (seperti goetit), membentuk lapisan di antara pedolit dan saprolit (Golightly, 1981; Gleeson, *et al.*, 2003). Endapan Ni laterit di Moa Bay, Cuba adalah contoh dari tipe endapan oksida (Gleeson, *et al.*, 2003). Endapan ini memiliki kadar Ni sebesar 1,27% (Freyssinet, *et al.*, 2005). Endapan tipe oksida ini terbentuk dari proses pelapukan dari batuan peridotit (harzburgit) yang terserpentinisasi dan dunit pada sabuk Mayari-Baracoa ofiolit (Roqué-Rosell, *et al.*, 2010). Profil endapan Ni laterit di Moa Bay terdiri dari *ferricrete cap* berada di atas lapisan *limonite* yang mengandung goetit, maghemit, hematit, dan gipsit, serta *Mn-Ni-Co oxyhydroxides*. Lapisan limonit berada di atas lapisan saprolit yang terdiri dari lizardit, goethit, magnetit, maghemit, kromit, dan *hydrous Mg-silicates*. Lapisan paling bawah adalah protolit yang merupakan peridotit terserpentinisasi dan harzburgit (Roqué-Rosell, *et al.*, 2010; Marsh & Anderson, 2011).

2.4 Estimasi sumberdaya Endapan Nikel Laterit

Sumberdaya mineral adalah suatu konsentrasi atau keterjadian dari material yang memiliki nilai ekonomi pada atau di atas kerak bumi, dengan bentuk, kualitas dan kuantitas tertentu yang memiliki keprospekan yang beralasan untuk pada akhirnya dapat diekstraksi secara ekonomis. Lokasi, kuantitas, kadar, karakteristik geologi dan kemenerusan dari sumberdaya mineral harus diketahui, diestimasi atau diinterpretasikan berdasar bukti-bukti dan pengetahuan geologi yang spesifik, termasuk pengambilan contohnya. Sumberdaya mineral dikelompokkan lagi berdasar tingkat

keyakinan geologinya, dapat dibagi dalam 3 kategori yaitu tereka, tertunjuk dan terukur (KCFI, 2017).

1. Sumberdaya mineral tereka

Sumberdaya mineral tereka merupakan bagian dari sumberdaya mineral dimana kuantitas dan kualitas kadarnya diestimasi berdasarkan bukti-bukti geologi dan pengambilan contoh yang terbatas. Bukti geologi tersebut memadai untuk menunjukkan keterjadiannya tetapi tidak memverifikasi kemenerusan kualitas atau kadar dan kemenerusan geologinya. Sumberdaya mineral tereka memiliki tingkat keyakinan lebih rendah dalam penerapannya dibandingkan dengan sumberdaya mineral tertunjuk dan tidak dapat dikonversi ke cadangan mineral. Sangat beralasan untuk mengharapkan bahwa sebagian besar sumberdaya mineral tereka dapat ditingkatkan menjadi sumberdaya mineral tertunjuk sejalan dengan berlanjutnya eksplorasi.

Kategori Tereka dimaksudkan untuk mencakup situasi di mana konsentrasi dan ke terjadian mineral dapat diidentifikasi, dan pengukuran serta percontaan terbatas telah diselesaikan, dimana data yang diperoleh belum cukup untuk melakukan interpretasi kemenerusan geologi dan/atau kadarnya secara meyakinkan. Pada umumnya, beralasan untuk mengharapkan bahwa sebagian besar Sumberdaya Mineral Tereka dapat ditingkatkan menjadi Sumberdaya Tertunjuk sejalan dengan berlanjutnya eksplorasi. Tetapi, karena ketidakpastian dari Sumberdaya Mineral Tereka, peningkatan kategori Sumberdaya tidak selalu akan terjadi.

Tingkat keyakinan dalam estimasi Sumberdaya Mineral Tereka biasanya tidak mencukupi, sehingga parameter keteknikan dan keekonomian tidak dapat digunakan untuk perencanaan rinci. Oleh karenanya, tidak ada hubungan langsung dari Sumberdaya Tereka dengan salah satu kategori pada Cadangan Mineral. Kehati-hatian harus diterapkan jika kategori ini akan dipertimbangkan dalam studi keteknikan dan keekonomian.

2. Sumberdaya mineral tertunjuk

Sumberdaya mineral tertunjuk merupakan bagian dari sumberdaya mineral di mana kuantitas, kadar atau kualitas, kerapatan, bentuk, dan karakteristik fisiknya dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan yang cukup untuk memungkinkan penerapan faktor-faktor pengubah secara memadai untuk mendukung perencanaan tambang dan evaluasi kelayakan ekonomi cebakan tersebut. Bukti geologi didapatkan dari eksplorasi, pengambilan conto dan pengujian yang cukup detail dan andal, dan memadai untuk mengasumsikan kemenerusan geologi dan kadar atau kualitas diantara titik-titik pengamatan. Sumberdaya mineral tertunjuk memiliki tingkat keyakinan yang lebih rendah penerapannya dibandingkan dengan sumberdaya mineral terukur dan hanya dapat dikonversi ke cadangan mineral terkira, tetapi memiliki tingkat keyakinan yang lebih tinggi penerapannya dibandingkan dengan Sumberdaya Mineral Tereka.

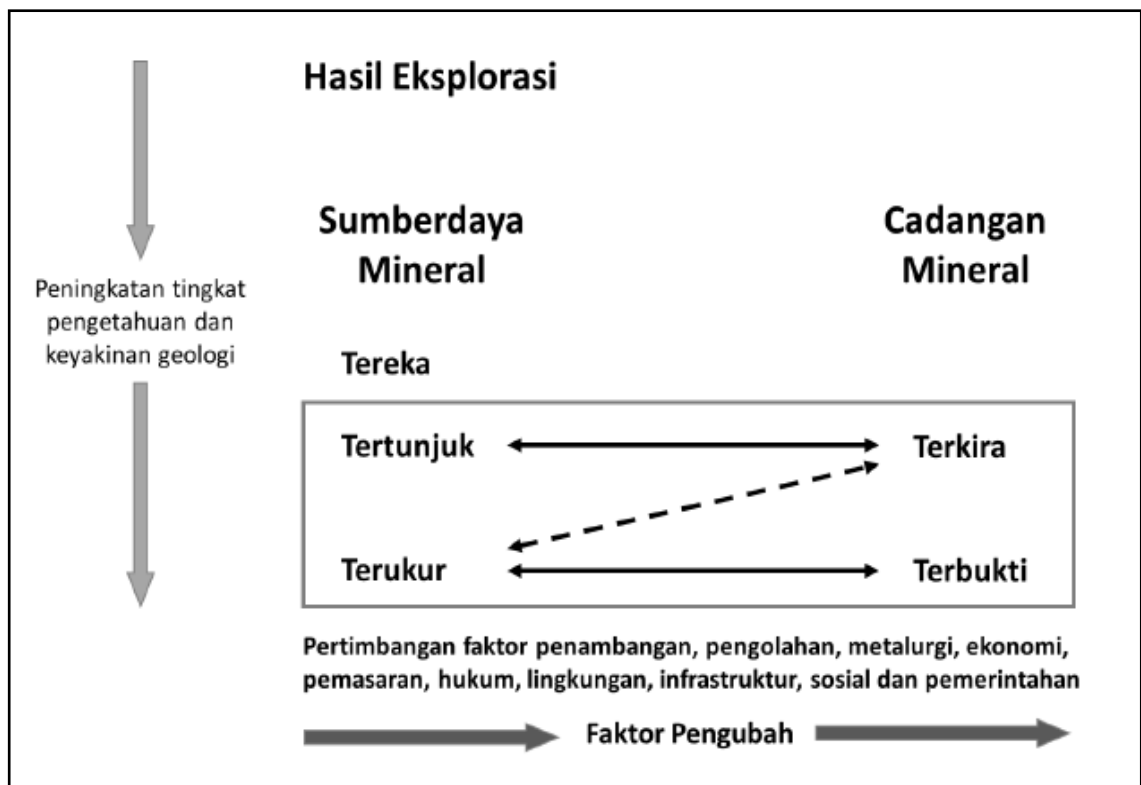
Mineralisasi dapat diklasifikasikan sebagian Sumberdaya Mineral Tertunjuk ketika sifat alamiah, kualitas, jumlah dan distribusi datanya memungkinkan interpretasi yang meyakinkan atas kerangka (model) geologi dan untuk mengasumsikan kemenerusan mineralisasinya. Tingkat keyakinan dalam estimasi harus cukup untuk menerapkan parameter keteknikan dan keekonomian, dan memungkinkan dilakukannya suatu evaluasi kelayakan ekonomi.

3. Sumberdaya mineral terukur

Sumberdaya mineral terukur merupakan bagian dari sumberdaya mineral di mana kuantitas, kadar atau kualitas, kerapatan, bentuk, karakteristik fisiknya dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan yang memadai untuk memungkinkan penerapan faktor-faktor pengubah untuk mendukung perencanaan tambang detail dan evaluasi akhir dari kelayakan ekonomi cebakan tersebut. Bukti geologi didapatkan dari eksplorasi, pengambilan conto dan pengujian yang detail dan andal, dan memadai untuk memastikan kemenerusan geologi dan kadar atau kualitasnya diantara titik-titik

pengamatan. Sumberdaya mineral terukur memiliki tingkat keyakinan yang lebih tinggi penerapannya dibandingkan dengan sumberdaya mineral tertunjuk ataupun sumberdaya mineral tereka. Sumberdaya mineral terukur dapat dikonversi ke cadangan mineral terbukti atau cadangan mineral terkira.

Tingkat keyakinan dalam estimasi harus memadai untuk memungkinkan penerapan parameter keteknikan dan keekonomian, dan memungkinkan dilakukannya suatu evaluasi kelayakan ekonomi yang memiliki tingkat kepastian lebih tinggi dibandingkan dengan evaluasi yang berdasarkan atas sumberdaya Mineral Tertunjuk. (KCMI, 2017). Hubungan umum antara hasil eksplorasi sumberdaya dan cadangan dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Hubungan umum antara hasil eksplorasi, sumberdaya mineral dan cadangan mineral (KCMI, 2017).

2.5 Metode Estimasi Sumberdaya

Metode untuk estimasi sumberdaya umumnya bergantung pada keadaan geologi endapan, metode eksplorasi, keakuratan data dan nilai koefisien variasi, manfaat serta tujuan estimasi sumberdaya. Dalam mengestimasi sumberdaya mineral biasanya digunakan berbagai metode seperti metode poligon, metode *inverse distance weighting* (IDW), dan metode *kriging*.

2.5.1 Metode *Inverse Distance Weighting* (IDW)

Metode IDW merupakan suatu cara penaksiran yang telah memperhitungkan adanya hubungan letak ruang (jarak), merupakan kombinasi linear atau harga rata-rata pembobotan (*weighting average*) dari titik-titik data yang ada disekitarnya. Suatu cara penaksiran di mana harga rata-rata suatu blok merupakan suatu kombinasi linear atau harga rata-rata pembobotan (*weighting average*) dari data lubang bor di sekitar blok tersebut. Nilai data-data hasil taksiran tersebut merupakan nilai rata-rata pembobotan (*weighting average*) dari data sampel yang telah ada (Bankes et al., 2003).

2.5.2 Metode *kriging*

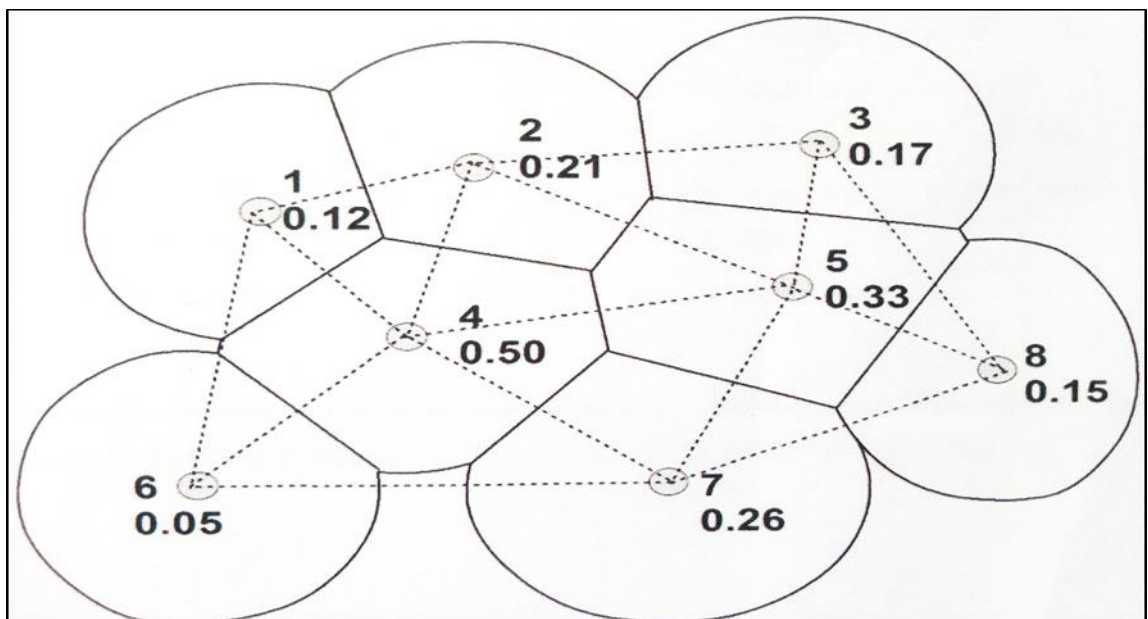
Pada tahun 1950, peneliti pertambangan bernama Daniel Gerhardus (DG) Krige, merancang metode interpolasi untuk menentukan struktur bijih emas. Dia menginterpolasi suatu kandungan bijih emas berdasarkan data sampel. Dari sini kriging dijadikan sebuah nama metode interpolasi atas penemuannya tersebut.

G. Matheron memperkenalkan metode *kriging* dalam menonjolkan metode khusus dalam *moving average* terbobot (*weighted moving average*) yang meminimalkan variansi dari hasil estimasi. Kriging menghasilkan *best linear unbiased estimation* (BLUE) dari variabel yang ingin diketahui nilainya. Hasil prediksi *kriging* lebih akurat daripada metode regresi. Sebab, metode ini mampu membaca error yang

berkorelasi, sehingga dapat diketahui nilai kedekatannya (Kleijnen and Van Beers, 2004).

2.5.3 Metode Poligon

Metode poligon disebut juga metode daerah pengaruh (*area of influence*). Pada metode ini semua faktor ditentukan untuk suatu titik tertentu pada endapan mineral, diekstensikan sejauh setengah jarak dari titik di sekitarnya yang membentuk suatu daerah pengaruh (gambar 2.7). Batas daerah pengaruh terluar dari poligon ini bisa hanya sampai pada titik-titik bor terluar saja (*included area*), atau diekstensikan sampai sejauh setengah jarak (*extended area*) (Hartman, 1992).



Gambar 2.7 Metode estimasi sumberdaya menggunakan poligon (Hartman, 1992).

Estimasi sumberdaya dengan metode poligon dapat dilakukan dengan:

1. Setiap lubang bor ditentukan suatu batas daerah pengaruh yang dibentuk oleh garis-garis berat antara titik tersebut dengan titik-titik terdekat di sekitarnya.
2. Masing-masing daerah atau blok diperlakukan sebagai suatu poligon yang mempunyai kadar dan ketebalan yang konstan yaitu sama dengan kadar dan ketebalan titik bor di dalam poligon tersebut.

3. Sumberdaya endapan diperoleh dengan menjumlahkan seluruh tonase tiap blok/ poligon, sedangkan kadar rata-ratanya dihitung memakai pembobotan tonase.

Metode poligon *extended area* pada dasarnya sama dengan metode poligon diatas namun poligonnya berbentuk segiempat dengan titik bor terdapat ditengah poligon. Perhitungan volume diextensikan ke luas poligon pada titik bor yang bersangkutan.